



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 43 492 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
F 02 N 9/02

⑳ Aktenzeichen: 197 43 492.4
㉔ Anmeldetag: 1. 10. 97
㉕ Offenlegungstag: 15. 4. 99

DE 197 43 492 A 1

㉑ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉒ Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

㉓ Erfinder:
Grob, Ferdinand, 74354 Besigheim, DE; Volz, Dieter,
74080 Heilbronn, DE; Scherrbacher, Klaus, 71701
Schwieberdingen, DE

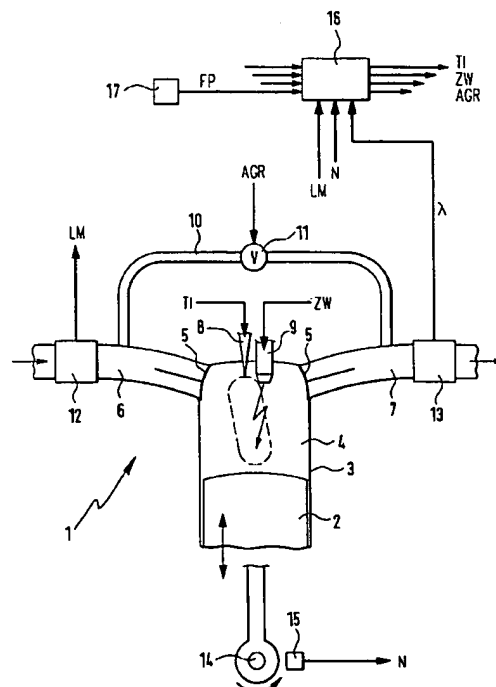
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 3 11 81 44A 11
JP 63-1 98 779 A
DE-Z.: KRAFTHAND, H. 15, 9. Aufg. 1998, S.54-56;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs

⑤⑦ Es wird eine Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug beschrieben, die mit einem in einem Zylinder (3) bewegbaren Kolben (2) versehen ist, der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann. Des weiteren ist ein Steuergerät (16) vorgesehen, mit dem der Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder (3) und dem Kolben (2) begrenzten Brennraum (4) eingespritzt werden kann. Das Steuergerät (16) ist derart ausgebildet, daß zum Starten der Kraftstoff in einer ersten Einspritzung in denjenigen Brennraum (4) direkt einspritzbar ist, dessen zugehöriger Kolben (2) sich in der Arbeitsphase befindet.



DE 197 43 492 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem die Brennkraftmaschine einen in einem Zylinder bewegbaren Kolben aufweist, der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann, und bei dem der Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder und dem Kolben begrenzten Brennraum eingespritzt werden kann. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem in einem Zylinder bewegbaren Kolben, der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann, und mit einem Steuergerät, mit dem der Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder und dem Kolben begrenzten Brennraum eingespritzt werden kann.

Derartige Brennkraftmaschinen mit direkter Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum sind allgemein bekannt. Es wird dabei als erste Betriebsart ein sogenannter Schichtladungs- oder Schichtbetrieb und als zweite Betriebsart ein sogenannter Homogenbetrieb unterschieden. Der Schichtbetrieb wird insbesondere bei kleineren Lasten verwendet, während der Homogenbetrieb bei größeren, an der Brennkraftmaschine anliegenden Lasten zur Anwendung kommt. Im Schichtbetrieb wird der Kraftstoff während der Verdichtungsphase der Brennkraftmaschine in den Brennraum, und zwar dort in die unmittelbare Umgebung einer Zündkerze eingespritzt. Dies hat zur Folge, daß keine gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffs in dem Brennraum mehr erfolgen kann. Der Vorteil des Schichtbetriebs liegt darin, daß mit einer sehr geringen Kraftstoffmasse die anliegenden kleineren Lasten von der Brennkraftmaschine ausgeführt werden können. Größere Lasten können allerdings nicht durch den Schichtbetrieb erfüllt werden. Im für derartige größere Lasten vorgesehenen Homogenbetrieb wird der Kraftstoff während der Ansaugphase der Brennkraftmaschine eingespritzt, so daß eine Verwirbelung und damit eine Verteilung des Kraftstoffs in dem Brennraum noch ohne weiteres erfolgen kann. Insoweit entspricht der Homogenbetrieb etwa der Betriebsweise von Brennkraftmaschinen, bei denen in herkömmlicher Weise Kraftstoff in das Ansaugrohr eingespritzt wird.

In beiden Betriebsarten, also im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb, wird die einzuspritzende Kraftstoffmasse von einem Steuergerät in Abhängigkeit von einer Mehrzahl von Parametern auf einen im Hinblick auf Kraftstoffeinsparung, Abgasreduzierung und dergleichen optimalen Wert gesteuert und/oder geregelt.

Zum Starten derartiger Brennkraftmaschinen mit direkter Einspritzung ist es bekannt, mit einem elektromotorischen Starter die Brennkraftmaschine in eine Bewegung zu versetzen, um dann nach etwa einer oder zwei Umdrehungen der Brennkraftmaschine den Kraftstoff entsprechend der zweiten Betriebsart, also entsprechend dem Homogenbetrieb, in die Brennräume einzuspritzen und zu zünden. Insbesondere im Hinblick auf einen sogenannten Start/Stop-Betrieb der Brennkraftmaschine, bei dem diese z. B. an roten Ampeln ausgeschaltet und dann wieder zur Weiterfahrt gestartet wird, ist der beschriebene Startvorgang mit einem zu hohen Verbrauch an elektrischer Energie und an Kraftstoff verbun-

den.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine zu schaffen, das möglichst wenig elektrische Energie und/oder möglichst wenig Kraftstoff erfordert.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren bzw. bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Kraftstoff in einer ersten Einspritzung in denjenigen Brennraum direkt eingespritzt wird, dessen zugehöriger Kolben sich in der Arbeitsphase befindet.

Damit wird erreicht, daß schon bei der ersten Umdrehung der Brennkraftmaschine eine Zündung des Kraftstoffs in dem Brennraum stattfinden kann. Wesentlich ist dabei, daß die erste Einspritzung in denjenigen Brennraum erfolgt, dessen Kolben sich in der Arbeitsphase befindet. Dadurch wird erreicht, daß die Brennkraftmaschine sofort mit einer korrekten Betriebsweise gestartet wird. Dies hat dann zur Folge, daß die Brennkraftmaschine schon bei der ersten Umdrehung aus eigener Kraft angetrieben wird. Damit ist es möglich, daß gar kein Starter mehr erforderlich ist. Der bei der ersten Einspritzung in den Brennraum eingespritzte Kraftstoff reicht aus, um die Brennkraftmaschine in Bewegung zu versetzen und danach auf die Leerlaufdrehzahl zu beschleunigen. Dies bringt den wesentlichen Vorteil mit sich, daß der Starter als solcher, als auch die an sich von ihm verbrauchte elektrische Energie eingespart werden kann.

Ebenfalls ist es möglich, einen Starter vorzusehen. Dieser kann dann allerdings leistungsschwächer als bisher ausgestaltet sein, so daß er auch weniger elektrische Energie verbraucht. Des weiteren kann der Starter relativ bald nach der ersten Einspritzung wieder abgeschaltet werden, da aufgrund der einsetzenden Verbrennungen die Brennkraftmaschine wesentlich schneller als bisher auf die Leerlaufdrehzahl hochläuft. Auch dies stellt eine weitere Einsparung elektrischer Energie dar.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Kraftstoff bei der ersten Einspritzung im Stillstand der Brennkraftmaschine in denjenigen Brennraum direkt eingespritzt, dessen zugehöriger Kolben sich in der Arbeitsphase befindet. Dies ist dann erforderlich, wenn der Starter eingespart werden soll. In diesem Fall wird die erste Einspritzung im Stillstand der Brennkraftmaschine vorgenommen. Durch die entstehende Verbrennung wird die Brennkraftmaschine in eine Bewegung versetzt, so daß mit Hilfe weiterer Einspritzungen und weiterer Verbrennungen dann die Brennkraftmaschine auf die Leerlaufdrehzahl beschleunigt werden kann. Wie erwähnt ist in diesem Fall kein Starter erforderlich.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Kraftstoff nach Durchlauf des Kolbens durch etwa eine bis etwa drei Phasen, vorzugsweise nach Durchlauf des Kolbens durch etwa zwei Phasen, bei der ersten Einspritzung in denjenigen Brennraum direkt eingespritzt, dessen zugehöriger Kolben sich in der Arbeitsphase befindet. Die Brennkraftmaschine muß dabei in den genannten ersten Phasen von einem Starter in eine Bewegung versetzt werden. Danach setzen die Verbrennungen mit der ersten Einspritzung ein und die Brennkraftmaschine wird aus eigener Kraft beschleunigt. Aufgrund der Verbrennungen kann der Starter, wie bereits erläutert, leistungsschwächer ausgebildet sein als bisher.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der Kraftstoff bei der ersten Einspritzung entsprechend der ersten Betriebsart zugemessen. Dies hat zur Folge, daß aufgrund der ersten Betriebsart, also aufgrund des Schichtbetriebs im Vergleich zum bisherigen Starten im Homogenbetrieb Kraftstoff eingespart werden kann.

Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird bei der ersten Einspritzung der in den Brennraum eingespritzte Kraftstoff in der Arbeitsphase gezündet. Insgesamt findet somit eine erste Einspritzung sowie die zugehörige Zündung in der Arbeitsphase statt. Dies hat zur Folge, daß die Brennkraftmaschine von der entstehenden Verbrennung in eine Bewegung versetzt und beschleunigt wird.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird nach der ersten Einspritzung der Kraftstoff in einer zweiten Einspritzung nochmals in denjenigen Brennraum direkt eingespritzt, dessen zugehöriger Kolben sich in der Arbeitsphase befindet, es wird der Kraftstoff dabei entsprechend der ersten Betriebsart zugemessen, und es wird der in den Brennraum eingespritzte Kraftstoff der zweiten Einspritzung in der Arbeitsphase gezündet. Die erste Einspritzung wird somit wiederholt. Auf diese Weise werden die bereits erläuterten Vorteile erreicht, insbesondere die Einsparung von elektrischer Energie und von Kraftstoff oder im Extremfall die Einsparung des Starters als solchem.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird nach der ersten Einspritzung bzw. nach der zweiten Einspritzung die Brennkraftmaschine entsprechend der zweiten Betriebsart betrieben. Auf diese Weise kann durch Einspritzung von mehr Kraftstoff im Homogenbetrieb erreicht werden, daß die Brennkraftmaschine noch schneller auf die Leerlaufdrehzahl beschleunigt.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird nach Durchlauf des Kolbens durch weitere Phasen die Brennkraftmaschine von der zweiten auf die erste Betriebsart umgeschaltet. Damit wird der bei der zweiten Betriebsart vorliegende höhere Verbrauch an Kraftstoff auf ein Minimum reduziert, indem baldmöglichst wieder auf die erste Betriebsart, den kraftstoffsparenden Schichtbetrieb umgeschaltet wird.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn die Umschaltung in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder dem Raildruck durchgeführt wird. Damit wird sichergestellt, daß die Brennkraftmaschine einerseits ausreichend beschleunigt ist, andererseits aber nicht zu lange im Homogenbetrieb betrieben werden muß.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird nach der ersten Einspritzung bzw. nach der zweiten Einspritzung die Brennkraftmaschine entsprechend der ersten Betriebsart weiterbetrieben. In diesem Fall wird also die Brennkraftmaschine nicht vorübergehend im Homogenbetrieb, also in der zweiten Betriebsart betrieben, sondern die Einspritzungen erfolgen andauernd entsprechend der ersten Betriebsart, also dem Schichtbetrieb. Auf diese Weise kann eine weitere Einsparung von Kraftstoff erreicht werden.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines elektrischen Speichermediums, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Dabei ist auf dem elektrischen Speichermedium ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengert, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem elektrischen Speichermedium abgespeichertes Programm realisiert, so daß dieses mit dem Programm versehene Speichermedium in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden

alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs,

Fig. 2 zeigt ein schematisches Diagramm eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1,

Fig. 3 zeigt ein schematisches Diagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1,

Fig. 4 zeigt ein schematisches Diagramm eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1, und

Fig. 5 zeigt ein schematisches Diagramm eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1.

In der Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, an den über Ventile 5 ein Ansaugrohr 6 und ein Abgasrohr 7 angeschlossen sind. Des weiteren sind dem Brennraum 4 ein mit einem Signal TI ansteuerbares Einspritzventil 8 und eine mit einem Signal ZW ansteuerbare Zündkerze 9 zugeordnet. Das Abgasrohr 7 ist über eine Abgasrückführleitung 10 und ein mit einem Signal AGR steuerbares Abgasrückführventil 11 mit dem Ansaugrohr 6 verbunden.

Das Ansaugrohr 6 ist mit einem Luftmassensensor 12 und das Abgasrohr 7 ist mit einem Lambda-Sensor 13 versehen. Der Luftmassensensor 12 mißt die Sauerstoffmasse der dem Ansaugrohr 6 zugeführten Frischluft und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Signal LM. Der Lambda-Sensor 13 mißt den Sauerstoffgehalt des Abgases in dem Abgasrohr 7 und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Signal λ .

In einer ersten Betriebsart, dem Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird der Kraftstoff von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt, und zwar örtlich in die unmittelbare Umgebung der Zündkerze 9 sowie zeitlich unmittelbar vor dem oberen Totpunkt des Kolbens 2 bzw. vor dem Zündzeitpunkt. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 9 der Kraftstoff entzündet, so daß der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird.

In einer zweiten Betriebsart, dem Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird der Kraftstoff von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit in dem Brennraum 4 im wesentlichen gleichmäßig verteilt. Danach wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 9 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben.

Im Schichtbetrieb, wie auch im Homogenbetrieb wird durch den angetriebenen Kolben eine Kurbelwelle 14 in eine Drehbewegung versetzt, über die letztendlich die Räder des Kraftfahrzeugs angetrieben werden. Der Kurbelwelle 14 ist ein Drehsensors 15 zugeordnet, der in Abhängigkeit von der Drehbewegung der Kurbelwelle 14 ein Signal N erzeugt.

Der Kraftstoff wird im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb unter einem hohen Druck über das Einspritzventil 8

in den Brennraum 4 eingespritzt. Zu diesem Zweck ist eine elektrische Kraftstoffpumpe und eine Hochdruckpumpe vorgesehen, wobei letztere von der Brennkraftmaschine 1 oder elektromotorisch angetrieben sein kann. Die elektrische Kraftstoffpumpe erzeugt einen sogenannten Raildruck EKP von mindestens 3 bar und die Hochdruckpumpe erzeugt einen Raildruck HD bis zu etwa 100 bar.

Die im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb von dem Einspritzventil 8 in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse wird von einem Steuergerät 16 insbesondere im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder eine geringe Schadstoffentwicklung gesteuert und/oder geregelt. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 16 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Speichermedium, insbesondere in einem Read-Only-Memory ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen.

Das Steuergerät 16 ist von Eingangssignalen beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine darstellen. Beispielsweise ist das Steuergerät 16 mit dem Luftmassensensor 12, dem Lambdasektor 13 und dem Drehzahlsensor 15 verbunden. Des weiteren ist das Steuergerät 16 mit einem Fahrpedalsensor 17 verbunden, der ein Signal FP erzeugt, das die Stellung eines von einem Fahrer betätigbaren Fahrpedals angibt. Das Steuergerät 16 erzeugt Ausgangssignale, mit denen über Aktoren das Verhalten der Brennkraftmaschine entsprechend der erwünschten Steuerung und/oder Regelung beeinflusst werden kann. Beispielsweise ist das Steuergerät 16 mit dem Einspritzventil 8, der Zündkerze 9 und dem Abgasrückführventil 11 verbunden und erzeugt die zu deren Ansteuerung erforderlichen Signale TI, ZW und AGR.

In den Fig. 2 bis 5 sind vier verschiedene Verfahren zum Starten der Brennkraftmaschine 1 der Fig. 1 in der Form von Diagrammen dargestellt. Die einzelnen Zeilen der Diagramme beziehen sich auf den jeweils angegebenen Zylinder 3. Die verschiedenen Zylinder 3 sind dabei mit Nummern gekennzeichnet. Die einzelnen Spalten der Diagramme beziehen sich auf die jeweiligen Phasen bzw. Takte, in denen sich der Kolben 2 des zugehörigen Zylinders 3 befindet. Jeder der Kolben 2 kann sich dabei in einer Ansaugphase, einer Verdichtungsphase, einer Arbeitsphase oder einer Ausstoßphase befinden. Die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen sind durch den oberen Totpunkt DT der Kolben 2 gekennzeichnet. Insoweit stellt die Achse entlang der Phasen der Kolben 2 einen Drehwinkel °KW der Kurbelwelle 14 dar. Gestrichelt ist die Stellung der Brennkraftmaschine 1 vor dem Start dargestellt, also die Stellung im Stillstand der Brennkraftmaschine 1.

Bei dem Verfahren nach der Fig. 2 ist der Drehzahlsensor 15 als Absolutwinkelgeber ausgebildet. Dies bedeutet, daß der Drehzahlsensor 15 jederzeit, insbesondere auch nach einem Stillstand der Brennkraftmaschine, den Drehwinkel °KW erzeugt und an das Steuergerät 16 weitergibt.

Des weiteren wird bei dem Verfahren nach der Fig. 2 davon ausgegangen, daß die Hochdruckpumpe von der Brennkraftmaschine 1 angetrieben wird, und daß die Drosselklappe der Brennkraftmaschine 1 während des Startens geöffnet ist. Bei dem Verfahren nach der Fig. 2 ist kein Starter erforderlich.

Nach der Fig. 2 wird in den Zylinder Nr. 2, der sich bei der gestrichelten Stellung der Brennkraftmaschine 1, also im Stillstand der Brennkraftmaschine 1, in seiner Arbeitsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt. Der Kraftstoff wird dabei entsprechend dem Schichtbetrieb zugemessen. Aufgrund des Stillstands der Brennkraftmaschine 1 erzeugt die Hochdruckpumpe noch keinen Druck, so daß nur der Raildruck EKP der elektrischen Kraftstoffpumpe vorhanden ist.

Mit diesem Druck wird der Kraftstoff in der Arbeitsphase in den Zylinder Nr. 2 eingespritzt. Dies stellt eine erste Einspritzung dar. Dann wird der eingespritzte Kraftstoff ebenfalls in der Arbeitsphase des Zylinders Nr. 2 gezündet. Dies hat eine erste Verbrennung zur Folge, aufgrund der die Kurbelwelle 14 in eine Drehbewegung versetzt wird.

Bei einer nachfolgenden zweiten Einspritzung wird Kraftstoff in den Zylinder Nr. 1 eingespritzt. Der Kraftstoff wird aufgrund des nicht vorhandenen oder nur geringen Drucks der Hochdruckpumpe mit dem Raildruck EKP der elektrischen Kraftstoffpumpe eingespritzt. Die Zumessung des Kraftstoffs erfolgt entsprechend dem Schichtbetrieb. Dabei wird davon ausgegangen, daß der Kompressionsdruck des Zylinders noch so gering ist, daß im Schichtbetrieb mit dem Raildruck EKP eingespritzt werden kann. Dann wird der Kraftstoff gezündet und es erfolgt eine zweite Verbrennung, durch die die Kurbelwelle 14 der Brennkraftmaschine 1 weitergedreht wird.

Eine nachfolgende dritte Einspritzung in den Zylinder Nr. 3 erfolgt entsprechend dem Homogenbetrieb. Dabei wird davon ausgegangen, daß der Kompressionsdruck nunmehr so groß ist, daß der Raildruck EKP nicht mehr ausreichend wäre. Aus diesem Grund ist zeitgleich mit der ersten Einspritzung, also im Stillstand der Brennkraftmaschine 1, Kraftstoff in den Zylinder Nr. 3 eingespritzt worden. Dies war die Ansaugphase des Zylinders Nr. 3. Der Kraftstoff wurde entsprechend einer Vollast VL des Homogenbetriebs zugemessen und mit dem Raildruck EKP der elektrischen Kraftstoffpumpe eingespritzt. Der eingespritzte Kraftstoff konnte sich dann während der mit der zweiten Einspritzung zeitgleichen Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 3 im zugehörigen Brennraum 4 verteilen. In der Arbeitsphase des Zylinders Nr. 3 wird dann das nunmehr vorhandene Kraftstoff/Luft-Gemisch in Abhängigkeit von der Drehzahl N der Brennkraftmaschine 1 entweder kurz vor oder kurz nach dem oberen Totpunkt OT des zugehörigen Kolbens 2 gezündet.

In einer nachfolgenden vierten und gegebenenfalls fünften Einspritzung erfolgt das eben beschriebene Verfahren für den Zylinder Nr. 4 und den Zylinder Nr. 2.

Dabei wird vor jeder Einspritzung der von der Hochdruckpumpe erzeugte Raildruck HD und die Drehzahl N der Brennkraftmaschine 1 überprüft. Ist der Raildruck HD und/oder die Drehzahl N ausreichend für den Übergang in den Schichtbetrieb, so werden die nachfolgenden Einspritzungen entsprechend dem Schichtbetrieb durchgeführt.

Dies bedeutet, daß, wie dies beispielhaft für den Zylinder Nr. 1 dargestellt ist, in der Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 1 der Kraftstoff entsprechend dem Schichtbetrieb mit dem Raildruck HD in den zugehörigen Brennraum 4 eingespritzt und kurz vor dem oberen Totpunkt des zugehörigen Kolbens 2 gezündet wird. Dieser Schichtbetrieb wird in der Fig. 2 dann von dem Zylinder Nr. 3 fortgesetzt. Es ist damit etwa nach der vierten oder fünften Einspritzung von dem Homogenbetrieb in den Schichtbetrieb umgeschaltet worden.

Bei dem Verfahren nach der Fig. 3 ist der Drehzahlsensor 15 nicht als Absolutwinkelgeber ausgebildet. Dies bedeutet, daß der Drehzahlsensor 15 erst nach einer gewissen Umdrehung aus einem Stillstand der Brennkraftmaschine 1 den Drehwinkel °KW erzeugt und an das Steuergerät 16 weitergibt.

Des weiteren wird bei dem Verfahren nach der Fig. 3 davon ausgegangen, daß die Hochdruckpumpe von der Brennkraftmaschine 1 angetrieben wird, und daß die Drosselklappe der Brennkraftmaschine 1 während des Startens geöffnet ist.

Von einem Starter wird die Brennkraftmaschine 1 aus

dem Stillstand etwa um eine Umdrehung vorwärtsgedreht. Dies entspricht den beiden ersten Phasen in der Fig. 3. Damit ist der Drehzahlsensor 15 in der Lage, den Drehwinkel °KW der Kurbelwelle 14 anzugeben.

Dann wird in den nunmehr in seiner Arbeitsphase stehenden Zylinder Nr. 3 Kraftstoff eingespritzt. Die Zumessung erfolgt dabei entsprechend dem Schichtbetrieb mit dem Raildruck EKP der elektrischen Kraftstoffpumpe. Dies stellt bei dem Verfahren der Fig. 3 die erste Einspritzung dar. Dann wird in der Arbeitsphase des Zylinders Nr. 3 gezündet und die Brennkraftmaschine 1 bewegt sich aufgrund der nunmehr erfolgenden ersten Verbrennung weiter vorwärts.

Während der ersten Einspritzung durchläuft der Zylinder Nr. 4 seine Verdichtungsphase. Da die Hochdruckpumpe noch keinen ausreichenden Druck erzeugt, ist der durch die Verdichtung in dem Zylinder Nr. 4 vorhandene Druck größer als der von der elektrischen Kraftstoffpumpe erzeugte Raildruck EP. Aus diesem Grund erfolgt in dem Zylinder Nr. 4 keine Einspritzung.

Zeitgleich mit der ersten Verbrennung wird in den Zylinder Nr. 2 ebenfalls Kraftstoff eingespritzt. Dies stellt die Ansaugphase des Zylinders Nr. 2 dar. Die Zumessung des Kraftstoffs erfolgt dabei entsprechend einer Vollast VL im Homogenbetrieb und unter dem Raildruck EKP der elektrischen Kraftstoffpumpe. Der Kraftstoff wird dann in der nachfolgenden Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 2 in Abhängigkeit von der Drehzahl N der Brennkraftmaschine 1 entweder kurz vor oder kurz nach dem oberen Totpunkt OT des zugehörigen Kolbens 2 gezündet. Dies stellt die zweite Verbrennung im vorliegenden Verfahren dar.

Zeitgleich mit der zweiten Verbrennung wird das eben beschriebene Verfahren für den Zylinder Nr. 1 wiederholt. Dann folgt eine Wiederholung für den Zylinder Nr. 3, und so weiter. Diese Wiederholungen von Einspritzungen im Homogenbetrieb werden so lange beibehalten, bis ein ausreichender Raildruck HD der Hochdruckpumpe und/oder eine ausreichende Drehzahl N der Brennkraftmaschine 1 vorhanden ist. Dann wird von dem Homogenbetrieb in den Schichtbetrieb umgeschaltet. Diese Umschaltung entspricht der im Zusammenhang mit der Fig. 2 bereits beschriebenen Umschaltung.

Bei dem Verfahren nach der Fig. 4 ist der Drehzahlsensor 15 als Absolutwinkelgeber ausgebildet. Dies bedeutet, daß der Drehzahlsensor 15 jederzeit, insbesondere auch nach einem Stillstand der Brennkraftmaschine, den Drehwinkel °KW erzeugt und an das Steuergerät 16 weitergibt.

Des weiteren wird bei dem Verfahren nach der Fig. 4 davon ausgegangen, daß die Hochdruckpumpe elektromotorisch angetrieben wird, und daß die Drosselklappe der Brennkraftmaschine 1 während des Startens geöffnet ist. Bei dem Verfahren nach der Fig. 4 ist kein Starter erforderlich.

Nach der Fig. 4 wird in den Zylinder Nr. 3, der sich bei der gestrichelten Stellung der Brennkraftmaschine 1, also im Stillstand der Brennkraftmaschine 1, in seiner Arbeitsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt. Der Kraftstoff wird dabei entsprechend dem Schichtbetrieb zugemessen. Da eine elektrische Hochdruckpumpe vorgesehen ist, erzeugt diese auch im Stillstand der Brennkraftmaschine 1 den Raildruck HD, der für den Schichtbetrieb ausreichend ist. Mit diesem Raildruck HD wird der Kraftstoff in der Arbeitsphase in den Zylinder Nr. 3 eingespritzt. Dies stellt eine erste Einspritzung dar. Dann wird der eingespritzte Kraftstoff ebenfalls in der Arbeitsphase des Zylinders Nr. 3 gezündet. Dies hat eine erste Verbrennung zur Folge, aufgrund der die Kurbelwelle 14 in eine Drehbewegung versetzt wird.

Etwa zeitgleich mit der ersten Einspritzung bzw. noch vor dem oberen Totpunkt, wo sich der Zylinder Nr. 4 in seiner Verdichtungsphase befindet, wird Kraftstoff in den Zylinder

Nr. 4 eingespritzt. Die Zumessung erfolgt entsprechend dem Schichtbetrieb und mit dem Raildruck HD der Hochdruckpumpe. Für die nachfolgende Arbeitsphase des Zylinders Nr. 4 wird der eingespritzte Kraftstoff in Abhängigkeit von der Drehzahl N der Brennkraftmaschine kurz vor oder kurz nach dem oberen Totpunkt des zugehörigen Kolbens 2 gezündet. Dies stellt eine zweite Verbrennung dar.

Zeitgleich mit der zweiten Verbrennung und damit in der Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 2 wird Kraftstoff in den Zylinder Nr. 2 eingespritzt. Dies erfolgt entsprechend dem Schichtbetrieb und mit dem Raildruck HD. Ebenfalls in der Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 2 wird der Kraftstoff gezündet. Dies ist möglich, da die Drehzahl N bereits ausreichend groß ist. Dies stellt eine weitere Verbrennung entsprechend dem Schichtbetrieb dar.

Danach wird entsprechend dem Schichtbetrieb Kraftstoff nacheinander in die Zylinder Nr. 1, Nr. 3 usw. eingespritzt und gezündet, so daß die Brennkraftmaschine 1 auf die Leerlaufdrehzahl beschleunigt.

Bei dem Verfahren nach der Fig. 5 ist der Drehzahlsensor 15 nicht als Absolutwinkelgeber ausgebildet. Dies bedeutet, daß der Drehzahlsensor 15 erst nach einer gewissen Umdrehung nach einem Stillstand der Brennkraftmaschine 1 den Drehwinkel °KW erzeugt und an das Steuergerät 16 weitergibt.

Des weiteren wird bei dem Verfahren nach der Fig. 5 davon ausgegangen, daß die Hochdruckpumpe entweder elektromotorisch oder von der Brennkraftmaschine 1 angetrieben wird, und daß die Hochdruckpumpe nach etwa einer Umdrehung der Brennkraftmaschine den erforderlichen Raildruck HD erzeugt. Die Drosselklappe der Brennkraftmaschine 1 ist während des Startens geöffnet.

Von einem Starter wird die Brennkraftmaschine 1 aus dem Stillstand etwa um eine Umdrehung vorwärtsgedreht. Dies entspricht den beiden ersten Phasen in der Fig. 3. Damit ist der Drehzahlsensor 15 in der Lage, den Drehwinkel °KW der Kurbelwelle 14 anzugeben.

Dann wird in den nunmehr in seiner Arbeitsphase stehenden Zylinder Nr. 3 Kraftstoff eingespritzt. Die Zumessung erfolgt dabei entsprechend dem Schichtbetrieb mit dem Raildruck HD der Hochdruckpumpe. Dies stellt bei dem Verfahren der Fig. 3 die erste Einspritzung dar. Dann wird in der Arbeitsphase des Zylinders Nr. 3 gezündet und die Brennkraftmaschine 1 bewegt sich aufgrund der nunmehr erfolgenden ersten Verbrennung weiter vorwärts.

Etwa zeitgleich mit der ersten Einspritzung bzw. noch vor dem oberen Totpunkt, wo sich der Zylinder Nr. 4 in seiner Verdichtungsphase befindet, wird Kraftstoff in den Zylinder Nr. 4 eingespritzt. Die Zumessung erfolgt entsprechend dem Schichtbetrieb und mit dem Raildruck HD der Hochdruckpumpe. Für die nachfolgende Arbeitsphase des Zylinders Nr. 4 wird der eingespritzte Kraftstoff in Abhängigkeit von der Drehzahl N der Brennkraftmaschine kurz vor oder kurz nach dem oberen Totpunkt des zugehörigen Kolbens 2 gezündet. Dies stellt eine zweite Verbrennung dar.

Zeitgleich mit der zweiten Verbrennung und damit in der Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 2 wird Kraftstoff in den Zylinder Nr. 2 eingespritzt. Dies erfolgt entsprechend dem Schichtbetrieb und mit dem Raildruck HD. Ebenfalls in der Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 2 wird der Kraftstoff gezündet. Dies stellt eine weitere Verbrennung entsprechend dem Schichtbetrieb dar.

Danach wird entsprechend dem Schichtbetrieb Kraftstoff nacheinander in die Zylinder Nr. 1, Nr. 3 usw. eingespritzt und gezündet, so daß die Brennkraftmaschine 1 auf die Leerlaufdrehzahl beschleunigt.

1. Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem die Brennkraftmaschine (1) einen in einem Zylinder (3) bewegbaren Kolben (2) aufweist, der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann, und bei dem der Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder (3) und dem Kolben (2) begrenzten Brennraum (4) eingespritzt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kraftstoff in einer ersten Einspritzung in denjenigen Brennraum (4) direkt eingespritzt wird, dessen zugehöriger Kolben (2) sich in der Arbeitsphase befindet. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftstoff bei der ersten Einspritzung im Stillstand der Brennkraftmaschine (1) in denjenigen Brennraum (4) direkt eingespritzt wird, dessen zugehöriger Kolben (2) sich in der Arbeitsphase befindet. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftstoff nach Durchlauf des Kolbens (2) durch etwa eine bis etwa drei Phasen, vorzugsweise nach Durchlauf des Kolbens (2) durch etwa zwei Phasen, bei der ersten Einspritzung in denjenigen Brennraum (4) direkt eingespritzt wird, dessen zugehöriger Kolben (2) sich in der Arbeitsphase befindet. 15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftstoff bei der ersten Einspritzung entsprechend der ersten Betriebsart zugemessen wird. 20
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei der ersten Einspritzung der in den Brennraum (4) eingespritzte Kraftstoff in der Arbeitsphase gezündet wird. 25
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß nach der ersten Einspritzung der Kraftstoff in einer zweiten Einspritzung nochmals in denjenigen Brennraum (4) direkt eingespritzt wird, dessen zugehöriger Kolben (2) sich in der Arbeitsphase befindet, daß der Kraftstoff dabei entsprechend der ersten Betriebsart zugemessen wird, und daß der in den Brennraum (4) eingespritzte Kraftstoff der zweiten Einspritzung in der Arbeitsphase gezündet wird. 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß nach der ersten Einspritzung bzw. nach der zweiten Einspritzung die Brennkraftmaschine (1) entsprechend der zweiten Betriebsart betrieben wird. 35
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach Durchlauf des Kolbens (2) durch weitere Phasen die Brennkraftmaschine (1) von der zweiten auf die erste Betriebsart umgeschaltet wird. 40
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Umschaltung in Abhängigkeit von der Drehzahl (N) der Brennkraftmaschine (1) und/oder dem Raildruck (EKP bzw. HD) durchgeführt wird. 45
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß nach der ersten Einspritzung bzw. nach der zweiten Einspritzung die Brennkraftmaschine (1) entsprechend der ersten Betriebsart weiterbetrieben wird. 50
11. Elektrisches Speichermedium, insbesondere Read-Only-Memory, für ein Steuergerät (16) einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, 55

auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechnergerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 geeignet ist.

12. Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem in einem Zylinder (3) bewegbaren Kolben (2), der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann, und mit einem Steuergerät (16), mit dem der Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder (3) und dem Kolben (2) begrenzten Brennraum (4) eingespritzt werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät (16) derart ausgebildet ist, daß zum Starten der Kraftstoff in einer ersten Einspritzung in denjenigen Brennraum (4) direkt einspritzbar ist, dessen zugehöriger Kolben (2) sich in der Arbeitsphase befindet.

13. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Einspritzung im Stillstand der Brennkraftmaschine (1) durch das Steuergerät (16) ausführbar ist.

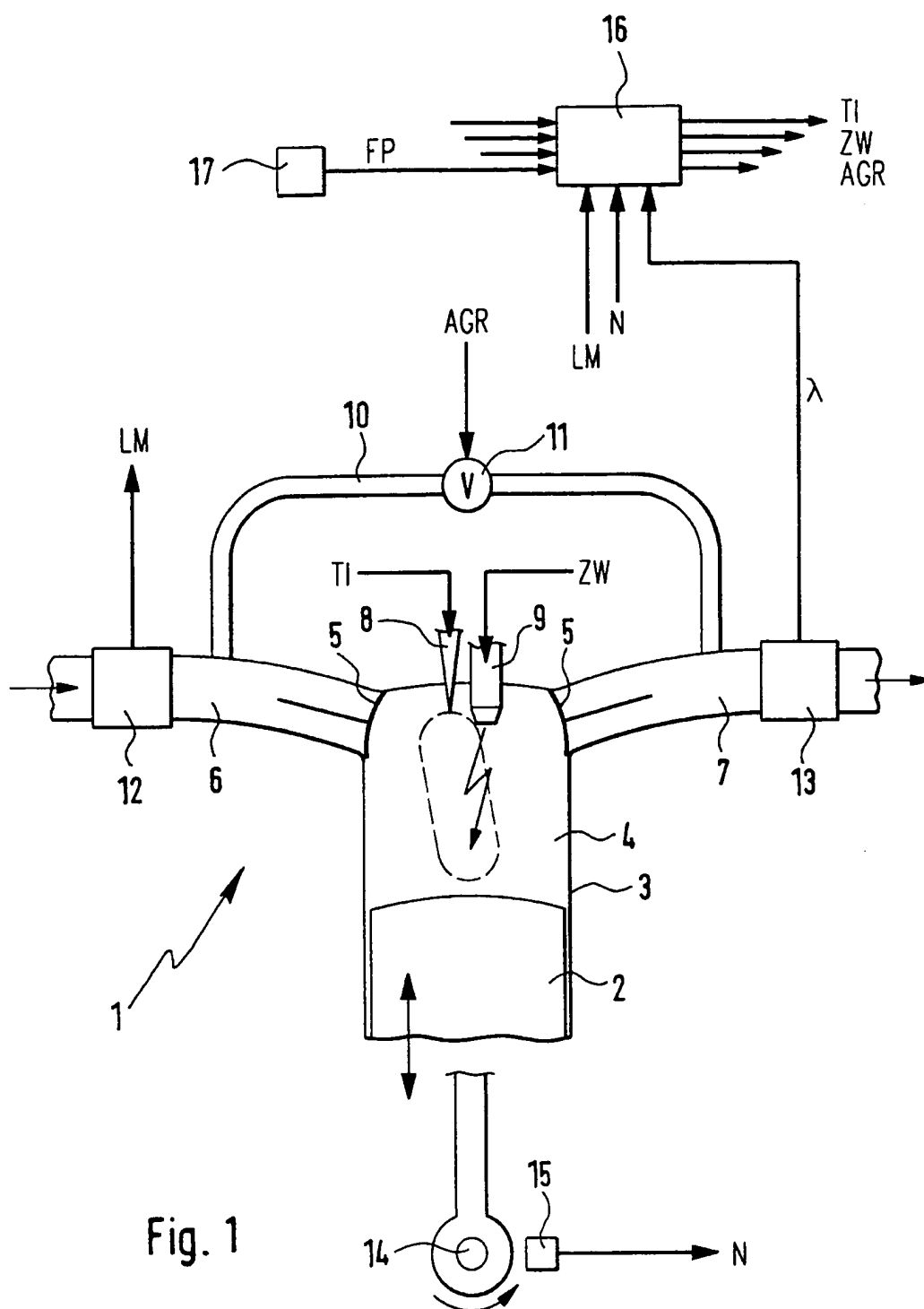
14. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß gar kein Starter vorgesehen ist.

15. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Einspritzung nach Durchlauf des Kolbens (2) durch etwa eine bis etwa drei Phasen, vorzugsweise nach Durchlauf des Kolbens (2) durch etwa zwei Phasen, durch das Steuergerät (16) ausführbar ist.

16. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein leistungsschwächerer Starter vorgesehen ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



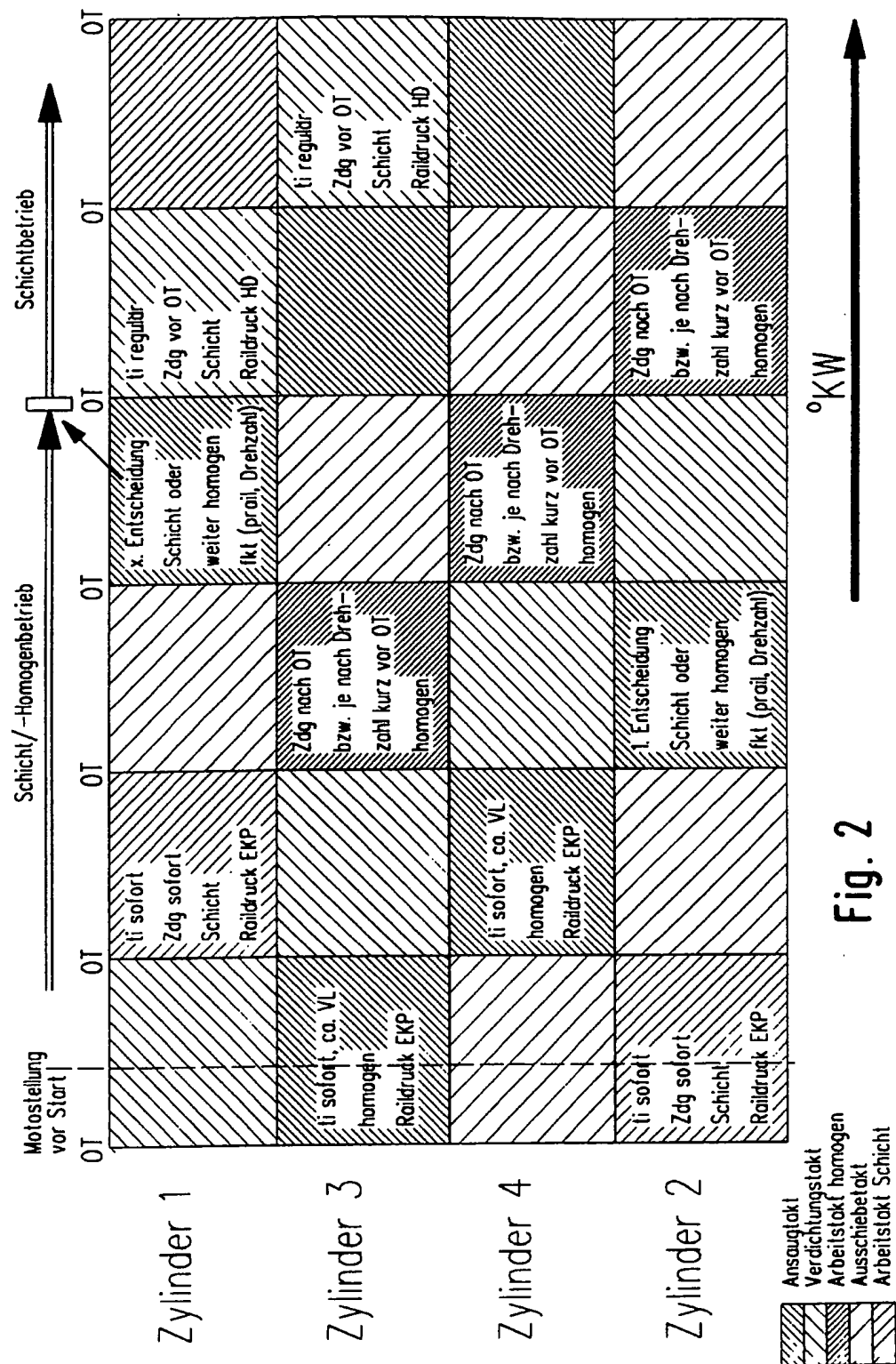
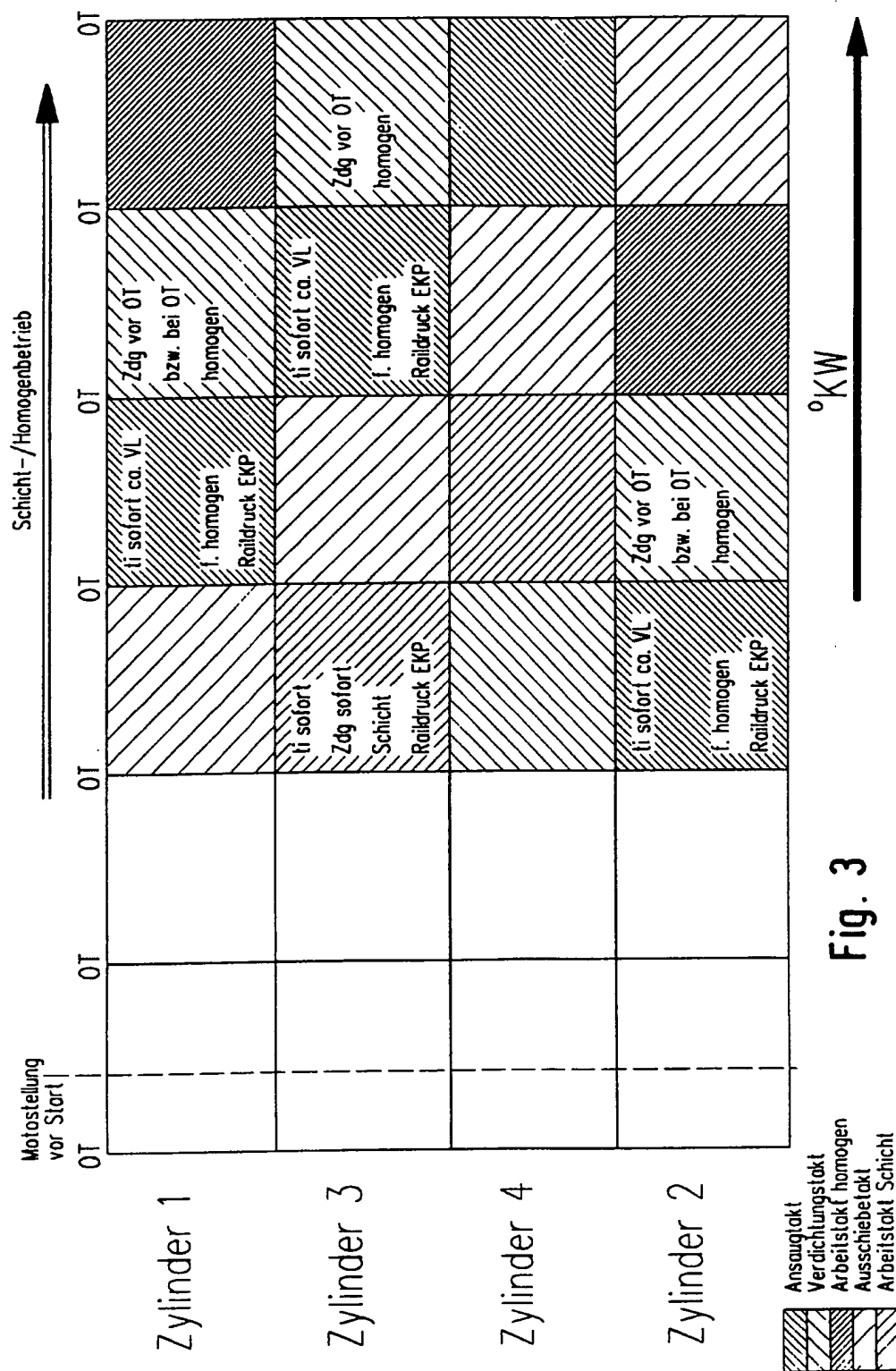
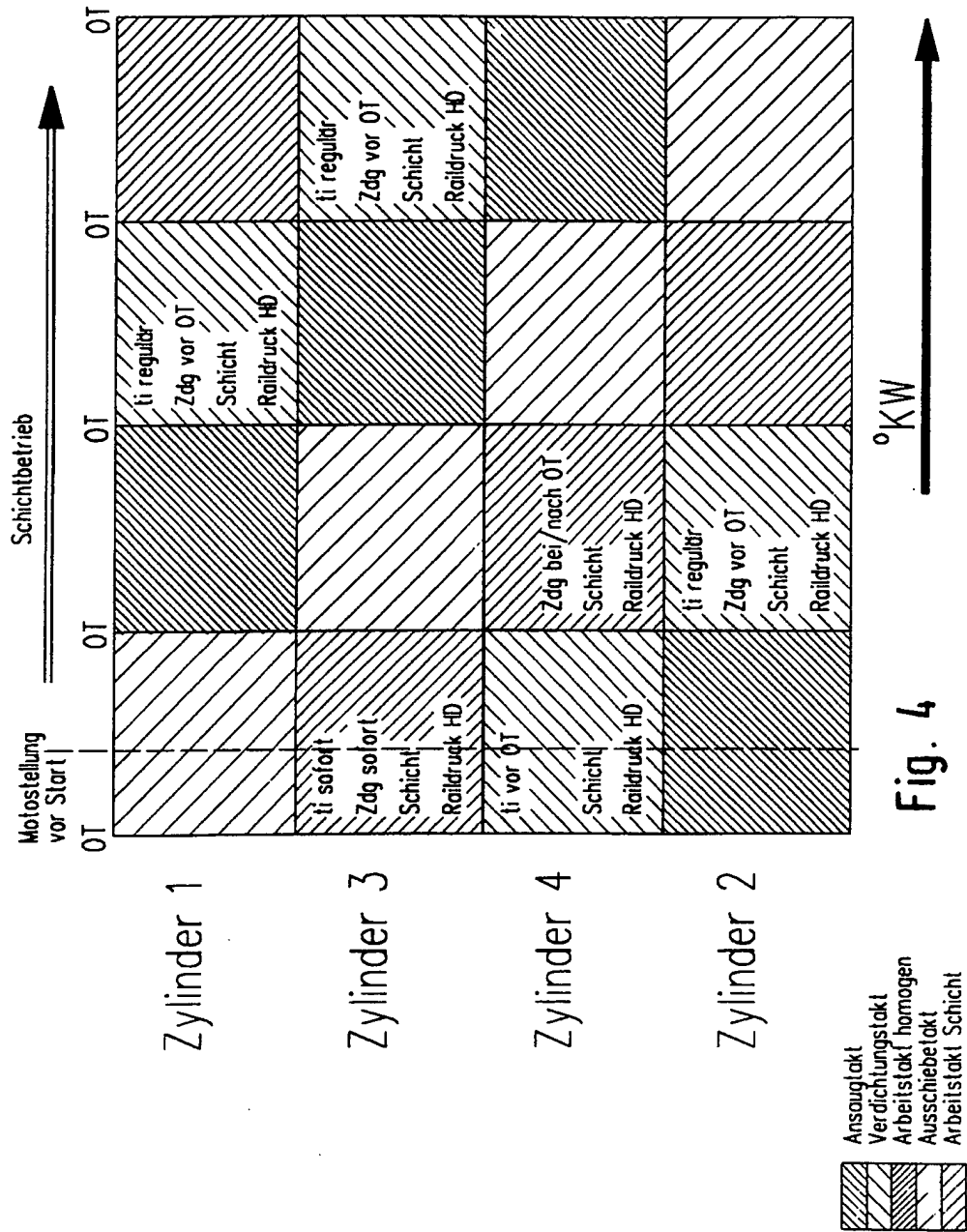


Fig. 2





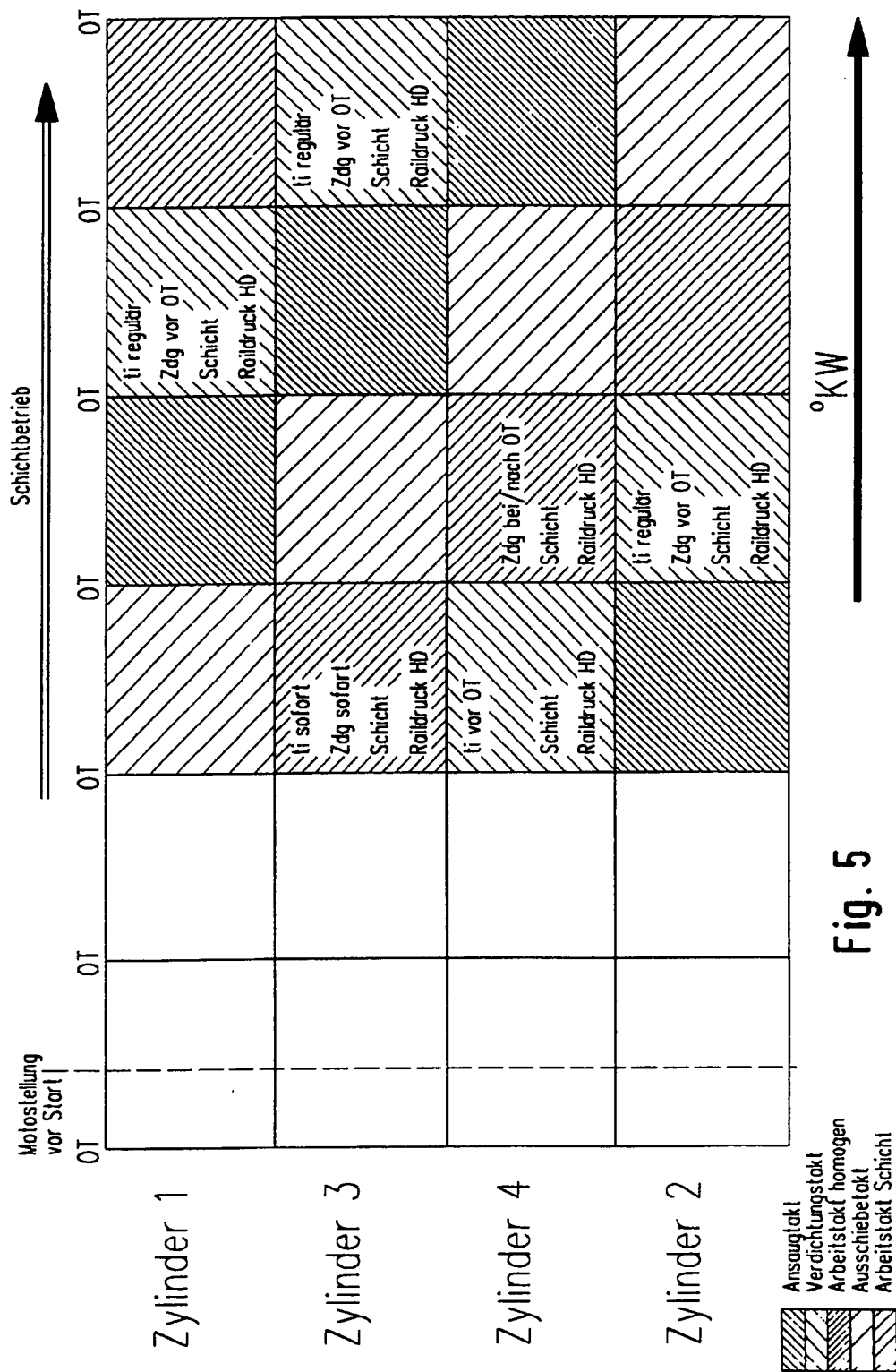


Fig. 5